

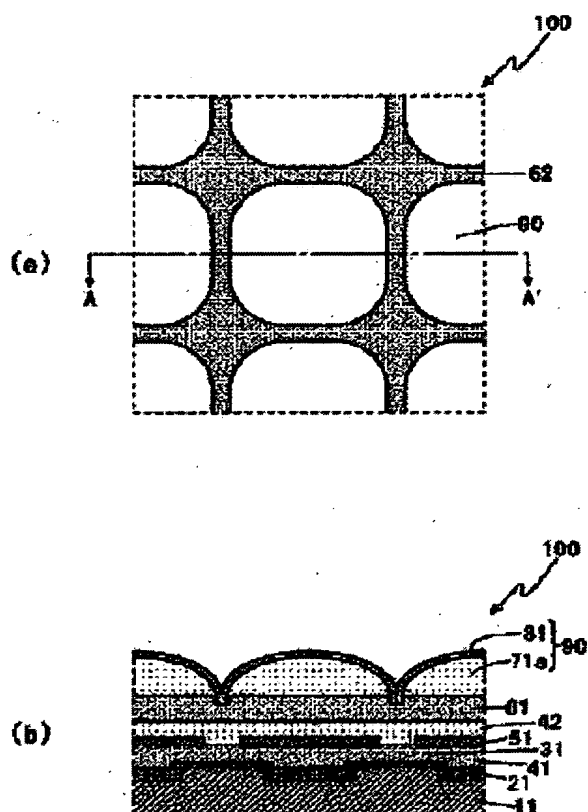
IMAGING DEVICE AND MANUFACTURING METHOD

Patent number: JP2002261261
Publication date: 2002-09-13
Inventor: FUKUYOSHI KENZO; ISHIMATSU TADASHI; KITAMURA TOMOHITO
Applicant: TOPPAN PRINTING CO LTD
Classification:
- international: *G02B1/11; G02B3/00; G02B5/00; H01L27/14; H01L31/02; H04N5/335; G02B1/10; G02B3/00; G02B5/00; H01L27/14; H01L31/02; H04N5/335; (IPC1-7): H01L27/14; G02B1/11; G02B3/00; G02B5/00; H01L31/02; H04N5/335*
- european:
Application number: JP20010054901 20010228
Priority number(s): JP20010054901 20010228

Report a data error here

Abstract of JP2002261261

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an imaging device which has a simple structure, microlenses made of organic resin and having antireflection effect, and marked effects for avoiding flare, ghost, and noise, and to provide its manufacturing method. **SOLUTION:** Photoelectric transducers 21, light-shielding parts 31, a leveling layer 41, color filters 51, leveling layer 42, and an undercoat layer 61 are formed on a semiconductor substrate 11. Further, microlenses 90 comprising resin lenses 71a and porous layers 81 are formed on resin surface with optical voids (gaps). The voids (gaps) and thicknesses of the porous layers 81 are approximately $\lambda/4$ of the wavelength of a light. Light-absorbing layer are formed in recessed parts between the microlenses. Moreover, the etching rate for dry-etching of the undercoat layer 61 is set higher than that of a resin material, of which the resin lenses 71a are made.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

THIS PAGE LEFT BLANK

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-261261

(P2002-261261A)

(43) 公開日 平成14年9月13日 (2002.9.13)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
H 0 1 L 27/14		G 0 2 B 3/00	A 2 H 0 4 2
G 0 2 B 1/11		5/00	B 2 K 0 0 9
3/00		H 0 4 N 5/335	V 4 M 1 1 8
5/00			U 5 C 0 2 4
H 0 1 L 31/02		H 0 1 L 27/14	D 5 F 0 8 8
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-54901(P2001-54901)

(22) 出願日 平成13年2月28日 (2001.2.28)

(71) 出願人 000003193

凸版印刷株式会社

東京都台東区台東1丁目5番1号

(72) 発明者 福吉 健蔵

東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内

(72) 発明者 石松 忠

東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内

(72) 発明者 北村 智史

東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内

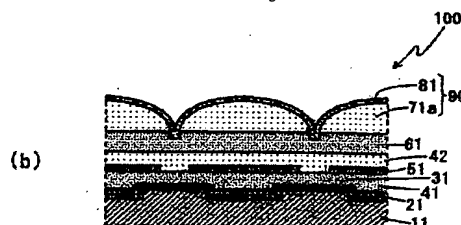
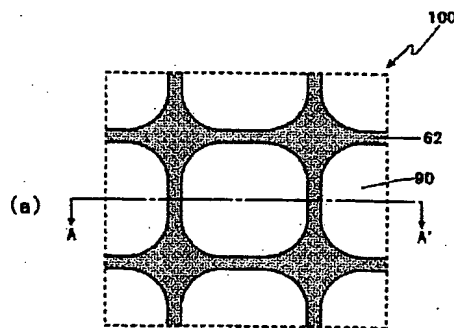
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】簡便な構成で、且つ有機樹脂の構成で反射防止効果有するマイクロレンズを形成して、フレア、ゴースト及びノイズ防止に著しい効果のある撮像素子及びその製造方法を提供することを目的とする。

【解決手段】半導体基板11に光電変換素子21、遮光部31、平坦化層41、カラーフィルタ51、平坦化層42及びアンダーコート層61を形成し、さらに、樹脂レンズ71a及び樹脂表面に光学的なボイド(空隙)が形成されたポーラス層81からなるマイクロレンズ90を形成し、ポーラス層81は、ボイド(空隙)及び厚みを光の波長のおよそ $\lambda/4$ にする。また、マイクロレンズ間の凹部に光吸収層を形成している。さらにまた、アンダーコート層61のドライエッチングのエッチングレートは樹脂レンズ71aを構成する樹脂材料より高い値に設定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】少なくとも複数の光電変換素子と、平坦化層と、カラーフィルタと、アンダーコート層と、マイクロレンズとを備えた撮像素子において、前記マイクロレンズが樹脂レンズと樹脂表面に光学的なボイド（空隙）を有するボラス層とからなることを特徴とする撮像素子。

【請求項2】前記ボラス層のボイド（空隙）及び厚みが、可視光領域の光波長のおよそ $\lambda/4$ になっていることを特徴とする請求項1記載の撮像素子。

【請求項3】前記マイクロレンズ間に凹部を形成し、且つ、前記凹部に光吸収層を設けたことを特徴とする請求項1又は請求項2記載の撮像素子。

【請求項4】前記アンダーコート層の材料が、前記樹脂レンズを構成する樹脂よりエッチングレートの高い樹脂からなることを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれか一項に記載の撮像素子。

【請求項5】以下の工程を少なくとも備えることを特徴とする撮像素子の製造方法。

（a）半導体基板に光電変換素子、遮光部、平坦化層、カラーフィルタ、平坦化層及びアンダーコート層を形成した中間工程の撮像素子を作製する工程。

（b）前記アンダーコート層上に感光性材料を塗布し、感光性樹脂層を形成し、露光、現像処理して樹脂パターンを形成する工程。

（c）前記樹脂パターンを熱フローさせて樹脂レンズを形成する工程。

（d）前記樹脂レンズ間の露出した前記アンダーコート層に凹部を形成する工程

（e）前記樹脂レンズ上に透明樹脂を塗布して、透明樹脂層を形成し、前記透明樹脂層をドライエッチングすることにより、樹脂表面のボイド（空隙）及び厚みが、光の波長のおよそ $\lambda/4$ になるようなボラス層を形成し、撮像素子を作製する工程。

【請求項6】以下の工程を少なくとも備えることを特徴とする撮像素子の製造方法。

（a）半導体基板に光電変換素子、遮光部、平坦化層、カラーフィルタ、平坦化層及びアンダーコート層を形成した中間工程の撮像素子を作製する工程。

（b）前記アンダーコート層上に感光性材料を塗布し、感光性樹脂層を形成し、露光、現像処理して樹脂パターンを形成する工程。

（c）前記樹脂パターンを熱フローさせて樹脂レンズを形成する工程。

（d）前記樹脂レンズ間の露出した前記アンダーコート層に凹部を形成する工程

（e）前記樹脂レンズ及び前記樹脂レンズ間の凹部に光吸収剤を含有する黒色樹脂を塗布し黒色樹脂層を形成した後、前記樹脂レンズ上の前記黒色樹脂層を除去し、前記樹脂レンズ間の凹部に光吸収層を形成する工程。

（f）前記樹脂レンズ上に透明樹脂を塗布して、透明樹脂層を形成し、前記透明樹脂層をドライエッチングすることにより、樹脂表面のボイド（空隙）及び厚みが、光の波長のおよそ $\lambda/4$ になるようなボラス層を形成し、撮像素子を作製する工程。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、C-MOSやCCD等の受光素子に代表される撮像素子及び撮像素子上に形成されるマイクロレンズに関し、特に、マイクロレンズの実効的な開口率を上げることによる感度向上及びスミアを低減した撮像素子及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】CCD等の受光素子の光電変換に寄与する領域（開口部）は、素子サイズや画素数にも依存するが、その全面積に対し20～40%程度に限られてしまう。開口部が小さいことは、そのまま感度低下につながるため、これを補うために受光素子上に集光のためのマイクロレンズを形成することが一般的である。しかしながら、近年、200万画素を超える高精細CCD撮像素子への要求が強くなり、これら高精細CCDに付随するマイクロレンズの開口率低下（すなわち感度低下）、フレア、ゴーストなどのノイズ増加が大きな問題となってきた。さらに、撮像素子デバイス表面（マイクロレンズ表面など）とカバーガラス内面からの再反射光や散乱光が、撮像素子へのノイズの一因となっており問題となっている。

【0003】かかるノイズを防止する技術として、マイクロレンズ表面に反射防止膜を形成する技術が提案されている。例えば、樹脂レンズ上にレンズ材との屈折率差のある薄膜を積層する技術が、特開平4-223371号公報に開示されている。ここでは、使用する材料名は開示されていないものの、マイクロレンズ表面に形成する高屈折率と低屈折率の2層の反射防止膜として示されている。

【0004】また、凸レンズ状のマイクロレンズを形成する手段として、熱フロー法と呼称される技術が開示されている。熱フロー法を用いた際に生じる隣接するマイクロレンズ同士のくっつきを避けるための安定生産技術、あるいは高開口率技術として、特開平6-112459号公報、特開平9-45884号公報等に、エッチングを利用した“溝方式”と呼ばれる技術が開示されている。高精細CCDに形成するマイクロレンズ間は、狭ギャップとすることが必要である。しかし、これらの技術はレンズ間にくっつき防止のための凹部の形成は可能であるものの、凹部を小さくする狭ギャップ化手段にはなり難い。すなわち、マイクロレンズを母型としてドライエッチなどによりエッチングして凹部を形成するため、基本的にレンズ形状がなだらかに同時に凹部も丸く広がる傾向に加工されてしまう。等方性エッチング、異

方性エッチングのいずれの場合も母型パターンより基本的には、より狭ギャップに加工するものでない。“溝方式”は、特開平6-112459号公報に開示されているように1 μ mレベルの広いギャップにて効果が出るもので、0.3 μ m以下の狭ギャップを再現できるものでない。上記公開されている技術は、基本的にレンズ間の形状を滑らかに加工する技術である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】カバーガラス内面とマイクロレンズ表面との間での再反射光や散乱光を軽減するために、効果のある手法として、低屈折率弗化物（もしくは低屈折率酸化物）と高屈折率酸化物とを積層した無機多層膜を反射防止膜としてマイクロレンズ表面に形成することが有効である。こうした酸化物や弗化物は屈折率差を大きくとれるために高性能の反射防止膜を作製できる。しかしながら、この類の反射防止膜は、蒸着機などの真空機器を用いて成膜する必要があり、きわめてコストのかかる手法である。

【0006】しかも、蒸着機などを用いると、真空槽内部に付着した蒸着物の剥離に起因する異物付着が避けがたく、半導体デバイス形成プロセスとしては収率低下の大きいプロセスといえる。加えて、有機樹脂からなるマイクロレンズ表面に無機多層膜を形成することは、それぞれの熱膨張率差や水分含有の程度の差などから信頼性の点で劣るものである。また、従来構成ではマイクロレンズ間の凹部へ斜め方向から入射してくる光が光電変換素子へ入射するのを避け難く、フレア、ゴースト及びノイズの原因となり、画質低下につながっている。

【0007】撮像素子の高精細化は、5 μ mピッチ以下のマイクロレンズの配列及び0.3 μ m以下のレンズパターン間ギャップ（以下、狭ギャップと略称する）を要求してきている。しかし、一般にマイクロレンズは、感光性樹脂を用いたフォトリソグラフィ法と熱フロー技術を併用して形成しており、これら技術からくる制約で、そのマイクロレンズの辺方向のギャップ寸法（レンズ間寸法）は1 μ mからせいぜい0.4 μ mである。レンズ間寸法を0.3 μ m以下とすると、隣り合うマイクロレンズがそれぞれのパターンエッジでくっつき、ムラ不良となることが多く、量産レベルの技術とはならない。こうした従来技術からくる制約は、高精細化に伴うマイクロレンズの開口率低下、換言すると撮像素子の感度低下につながるという問題を有する。

【0008】樹脂レンズ上に、等方的に無機膜や樹脂膜を堆積形成して狭ギャップを達成しようとする技術は、たとえば尿素樹脂を蒸着機を用いて合成蒸着する方法や特開平5-48057号公報に開示されているように、ECRプラズマ等のCVDを用いて堆積する方法などがある。しかし、これら技術は、高価な真空装置やCVD装置を使用する必要がある、簡便な方式といえず大幅なコストアップとなる方法である。

【0009】本発明は、上記問題点に鑑み考案されたもので、簡便な構成で、且つ有機樹脂の構成で反射防止効果を有するマイクロレンズを有し、フレア、ゴースト及びノイズ防止に著しい効果のある撮像素子及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明に於いて上記課題を達成するために、まず、請求項1においては、少なくとも複数の光電変換素子と、平坦化層と、カラーフィルタと、アンダーコート層と、マイクロレンズとを備えた撮像素子において、前記マイクロレンズが樹脂レンズと樹脂表面に光学的なボイド（空隙）を有するポーラス層とからなることを特徴とする撮像素子としたものである。

【0011】また、請求項2においては、前記ポーラス層のボイド（空隙）及び厚みが、可視光領域の光波長のおよそ $\lambda/4$ になっていることを特徴とする請求項1記載の撮像素子としたものである。

【0012】また、請求項3においては、前記マイクロレンズ間に凹部を形成し、且つ、前記凹部に光吸収層を設けたことを特徴とする請求項1又は請求項2記載の撮像素子としたものである。

【0013】また、請求項4においては、前記アンダーコート層の材料が、前記樹脂レンズを構成する樹脂よりエッチングレートの高い樹脂からなることを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれか一項に記載の撮像素子としたものである。

【0014】また、請求項5においては、以下の工程を少なくとも備えることを特徴とする撮像素子の製造方法としたものである。

(a) 半導体基板上に光電変換素子、遮光部、平坦化層、カラーフィルタ、平坦化層及びアンダーコート層を形成した中間工程の撮像素子を作製する工程。

(b) 前記アンダーコート層上に感光性材料を塗布し、感光性樹脂層を形成し、露光、現像処理して樹脂パターンを形成する工程。

(c) 前記樹脂パターンを熱フローさせて樹脂レンズを形成する工程。

(d) 前記樹脂レンズ間の露出した前記アンダーコート層に凹部を形成する工程

(e) 前記樹脂レンズ上に透明樹脂を塗布して、透明樹脂層を形成し、前記透明樹脂層ドライエッチングすることにより、樹脂表面のボイド（空隙）及び厚みが、光の波長のおよそ $\lambda/4$ になるようなポーラス層を形成し、撮像素子を作製する工程。

【0015】さらにまた、請求項6においては、以下の工程を少なくとも備えることを特徴とする撮像素子の製造方法としたものである。

(a) 半導体基板上に光電変換素子、遮光部、平坦化層、カラーフィルタ、平坦化層及びアンダーコート層を形成

10

20

30

40

50

した中間工程の撮像素子を作製する工程。

(b) 前記アンダーコート層上に感光性材料を塗布し、感光性樹脂層を形成し、露光、現像処理して樹脂パターンを形成する工程。

(c) 前記樹脂パターンを熱フローさせて樹脂レンズを形成する工程。

(d) 前記樹脂レンズ間の露出した前記アンダーコート層に凹部を形成する工程

(e) 前記樹脂レンズ及び前記樹脂レンズ間の凹部に光吸収剤を含有する黒色樹脂を塗布し黒色樹脂層を形成した後、前記樹脂レンズ上の前記黒色樹脂層を除去し、前記樹脂レンズ間の凹部に光吸収層を形成する工程。

(f) 前記樹脂レンズ上に透明樹脂を塗布して、透明樹脂層を形成し、前記透明樹脂層をドライエッチングすることにより、樹脂表面のボイド（空隙）及び厚みが、光の波長のおよそ $\lambda/4$ になるようなポーラス層を形成し、撮像素子を作製する工程。

【0016】なお、本発明で用いるマイクロレンズ関連の用語について説明する。マイクロレンズ140は図6

(a)～(c)に示すように、樹脂レンズ121と樹脂レンズ121上に形成された透明樹脂層131とで構成されたもので、樹脂レンズ121は、透明樹脂層131が形成される前の樹脂レンズを意味する。レンズ間寸法は、樹脂レンズ121の辺方向のパターンエッジ間寸法を指す。ギャップ寸法は、マイクロレンズ140を構成する透明樹脂層131表面の曲面から凹部141にかか

る変曲点の位置を目安として、その変曲点間の狭い方（広い方はレンズ開口寸法）の寸法を指す。本発明でのギャップ寸法（凹部寸法）は、光の波長以下となるので光学的に凹レンズ効果を持つものではない。また、本発明で用いる「凹部の深さ」は、大まかにはレンズ断面の曲面の変曲点から凹部141の底までの深さを示すものである。凹部141は、マイクロレンズ140間の凹んだ部分を指す。

【0017】

【発明の実施の形態】以下本発明の実施の形態につき説明する。図1(a)に、本発明の撮像素子の一実施例を示す部分模式平面図を、図1(b)に、図1(a)の部分模式平面図をA-A'線で切断した撮像素子の部分模式構成断面図を、図2(a)～(e)に、本発明の撮像素子の請求項5に係わる撮像素子の製造法の一実施例を工程順に示す撮像素子の部分模式構成断面図を、図3(a)～(f)に、本発明の撮像素子の請求項6に係わる製造法の一実施例を工程順に示す撮像素子の部分模式構成断面図を、図4に、樹脂レンズ上に形成されたポーラス層の模式構成断面図を、それぞれ示す。

【0018】本発明の撮像素子の請求項1に係わる発明は、図1(a)及び(b)に示すように半導体基板11に光電変換素子21、遮光部31、平坦化層41、カラーフィルタ51、平坦化層42及びアンダーコート層6

1を形成した中間工程の撮像素子を作製する。さらに、樹脂レンズ71a及び樹脂表面に光学的なボイド（空隙）が形成されたポーラス層81からなるマイクロレンズ90を形成した撮像素子を作製するものである。本発明の撮像素子の請求項2に係わる発明は、樹脂レンズ上に形成された光学的なボイド（空隙）を有するポーラス層81において、ボイド（空隙）のピッチ及び厚みを可視光領域の光波長のおよそ $\lambda/4$ にして、ポーラス層81での見かけ上の屈折率を下げることににより、樹脂レンズの反射防止効果を持たせたものである。本発明の請求項3に係わる発明は、マイクロレンズ間の凹部に光吸収層を形成して、マイクロレンズ間に入射する光を吸収し、迷光による撮像素子のS/N比低下を防ぐものである。本発明の撮像素子の請求項4に係わる発明は、ドライエッチング等でエッチングする際のアンダーコート層61のエッチングレートを樹脂レンズ71aを構成する樹脂材料より高い値に設定してある。これは、後記するアンダーコート層上に樹脂レンズ71aを形成した後樹脂レンズ71a間に凹部62をドライエッチング等で形成する際樹脂レンズの表面形状を保持するためである。

【0019】本発明の請求項5に係わる撮像素子の製造法について説明する。まず、半導体基板11に光電変換素子21、遮光部31、平坦化層41、カラーフィルタ51、平坦化層42及びアンダーコート層61を形成した中間工程の撮像素子を作製する（図2(a)参照）。次に、アンダーコート層61上に感光性樹脂溶液をスピンコーター等により塗布し、感光性樹脂層を形成し、露光、現像処理して樹脂パターン71を形成する（図2

(b)参照）。なお、図2(b)～図2(d)においては、半導体基板11から平坦化層42までの部位は図示を省略している。感光性樹脂層の膜厚は0.3 μ m以下の薄い膜厚で、樹脂パターン71形成後の樹脂レンズ形状を保持し易く、レンズ間の狭ギャップを達成しやすい。また、塗布性や分散性を向上させるために、感光性樹脂溶液に界面活性剤を添加したり、複数の溶剤種を混ぜたり、あるいは、樹脂の分子量や他樹脂の添加を行っても良い。また、塗布の前処理としてアンダーコート層を軽くエッチング処理、プラズマ処理、紫外線洗浄等を実施しても良い。

【0020】次に、樹脂パターン71を熱フローさせて、樹脂レンズ71aを形成する（図2(c)参照）。樹脂レンズ71aの形成に用いる樹脂材料は、後述するポーラス層を形成する透明樹脂、アンダーコート層を形成する材料を含め、可視域での透明性（可視域透過率）が高く、実用的な信頼性（耐熱性、耐光性、耐熱サイクル等）があれば良い。例えば、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、ポリエステル樹脂、ウレタン樹脂、メラミン樹脂、エリア樹脂などの尿素樹脂、フェノール樹脂あるいはこれらの共重合体などが樹脂レンズの素材として使用可能であり、一般には、フェノール系の感光性樹脂ある

いは低分子量のメラミン-エポキシ共重合物が用いられる。

【0021】次に、樹脂レンズ71a間の露出したアンダーコート層61をプラズマアッシング、ドライエッチング処理を行って、凹部62を形成する(図2(d)参照)。ここで、アンダーコート層61と樹脂レンズ71aとの間でエッチングレートに差を付け、樹脂レンズ71aに対しアンダーコート層61のエッチングレートを高く設定してあるので、樹脂レンズ71aの表面形状が維持された状態で、凹部62を形成することができる。凹部62の深さは6 μ mから0.05 μ mの範囲に設定すればよいが、凹部62の深さが1.5 μ mを越えると樹脂レンズ71a上に透明樹脂層形成の際塗布ムラが発生するので、好ましくは、1.5~0.05 μ mの範囲である。

【0022】次に、凹部62が形成された樹脂レンズ71a上に透明樹脂溶液をスピンコート等により塗布し、透明樹脂層を形成する。透明樹脂溶液としてはエポキシ樹脂あるいはアクリル樹脂に硬化剤を適量混入したものを使用する。さらに、透明樹脂層の樹脂表面を酸素プラズマ雰囲気中でドライエッチングすることにより、樹脂レンズ71a上に柱状樹脂81aが並んだ光学的なボイド(空隙)81bを有するポーラス層81を形成し、本発明の撮像素子100を得る(図2(e)、図4参照)。なお、柱状樹脂81aピッチあるいは大きさは0.03~0.3 μ mとすることが望ましい。

【0023】図4にポーラス層81の模式構成断面図を示す。ポーラス層81は、図4に示すように、樹脂レンズ71a上に柱状樹脂81aとボイド(空隙)81bが形成されている。一般的な樹脂膜では、膜中に微細な気泡が多数存在し、密度が下がると、樹脂膜の屈折率は下がる。ポーラス層81ではボイド(空隙)81bが上記気泡の役目を有し、屈折率が下がり反射膜としての機能を有することになる。すなわち、ポーラス層とすることで、フッ素系樹脂等の低屈折率であっても、高価な樹脂を用いることなく、低価な樹脂で反射防止膜を形成することが可能となる。

【0024】ボイド(空隙)81bは柱状樹脂81a間のピッチ V_p で表すことができ、可視光域の光波長のおよそ $\lambda/4$ となるように $V_p=0.1\sim0.2\mu\text{m}$ になっている。ポーラス層81の厚み V_t も可視光領域の光波長の $\lambda/4$ (0.1~0.2 μm)になるように設定されている。このような構成にすることにより、ポーラス層81に入射後ポーラス層81より反射する光は位相がズレ、入射する光と反射する光がうち消し合うことになり、ポーラス層81は反射防止効果を有することになる。また、ポーラス層81と樹脂レンズ71aとの屈折率差を小さくすれば、ポーラス層81と樹脂レンズ71aとの界面における反射を防止できる。このように、マイクロレンズ表面の光の反射を抑制することにより、撮

像素子のカバーガラスから再反射、再入射によるスミア等の原因になるノイズ光を減少させ、撮像素子の特性を劣化させることを防止している。

【0025】本発明の請求項6に係わる撮像素子の製造法について説明する。まず、半導体基板11に光電変換素子21、遮光部31、平坦化層41、カラーフィルタ51、平坦化層42及びアンダーコート層61を形成した中間工程の撮像素子を作製する(図3(a)参照)。次に、アンダーコート層61上に感光性樹脂溶液をスピンコーター等により塗布し、感光性樹脂層を形成し、露光、現像処理して樹脂パターン71を形成する(図3(b)参照)。なお、図3(b)~図3(e)においては、半導体基板11から平坦化層42までの部位は図示を省略している。感光性樹脂層の膜厚は0.3 μm 以下の薄い膜厚とすれば、樹脂パターン71形成後の樹脂レンズ形状を保持し易く、レンズ間の狭ギャップを達成しやすい。また、塗布性や分散性を向上させるために、感光性樹脂溶液に界面活性剤を添加したり、複数の溶剤種を混ぜたり、あるいは、樹脂の分子量や他樹脂の添加を行っても良い。また、塗布の前処理としてアンダーコート層を軽くエッチング処理、プラズマ処理、紫外線洗浄等を実施しても良い。

【0026】次に、樹脂パターン71を熱フローさせて、樹脂レンズ71aを形成する(図3(c)参照)。樹脂レンズ71aの形成に用いる樹脂材料は、ポーラス層を形成する透明樹脂、アンダーコート層を形成する材料を含め、可視域の透明性(可視域透過率)が高く、実用的な信頼性(耐熱性、耐光性、耐熱サイクル等)があれば良い。例えば、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、ポリエステル樹脂、ウレタン樹脂、メラミン樹脂、エリア樹脂などの尿素樹脂、フェノール樹脂あるいはこれらの共重合体などが樹脂レンズ素材として使用可能であり、一般には、フェノール系の感光性樹脂あるいは低分子量のメラミン-エポキシ共重合物が用いられる。

【0027】次に、樹脂レンズ71a間の露出したアンダーコート層61にプラズマアッシング、ドライエッチング等を行って、凹部62を形成する(図3(d)参照)。ここで、アンダーコート層61と樹脂レンズ71aとの間でエッチングレートに差を付け、樹脂レンズ71aに対しアンダーコート層61のエッチングレートを高く設定してあるので、樹脂レンズ71aの表面形状が維持された状態で、凹部62を形成することができる。凹部62の深さは6 μm から0.05 μm の範囲に設定すればよいが、凹部62の深さが1.5 μm を越えると透明樹脂層形成時に塗布ムラが発生するので、好ましくは、1.5~0.05 μm の範囲である。

【0028】次に、カーボン或いは着色剤等の光吸収剤を含む着色樹脂溶液をスピンコーターにて塗布し、乾燥後熱リフローさせて光吸収樹脂層を形成し、樹脂レンズ71a上の薄膜光吸収樹脂層をプラズマアッシング等に

て除去し、凹部62に光吸収層63を形成する(図3(e)参照)。この光吸収層63は、マイクロレンズ間に入射する光を吸収し、迷光による撮像素子のS/N比低下を防ぐものである。

【0029】次に、樹脂レンズ71a上に透明樹脂溶液をスピンコート等により塗布し、透明樹脂層を形成する。透明樹脂溶液としてはエポキシ樹脂あるいはアクリル樹脂に硬化剤を適量混入したものを使用する。さらに、透明樹脂層の樹脂表面を酸素プラズマ雰囲気中でドライエッチングすることにより、樹脂レンズ71a上にピッチ或いは大きさが0.03~0.3μmの柱状樹脂81aが並んだ光学的なボイド(空隙)81bを有するポーラス層81を形成し、本発明の撮像素子200を得る(図3(f)、図4参照)。光吸収層及びポーラス層を設けることにより、マイクロレンズ表面やマイクロレンズ間の凹部からの光の反射を抑制することにより、これら非有効部からの反射が撮像素子のカバーガラスから再反射、再入射してスミア等の原因となるノイズ光を減少させ、撮像素子の特性を劣化させることを防止し、迷光による撮像素子のS/N比低下を防いでいる。

【0030】

【実施例】以下実施例により本発明を詳細に説明する。

<実施例1>まず、公知の技術、方法にて、光電変換素子21が形成された半導体基板11上に、遮光部31、平坦化膜41、カラーフィルター51及び平坦化膜42を順次形成し、平坦化層42上にエポキシ系の樹脂溶液をスピンコートしてアンダーコート層61を形成し、中間工程の撮像素子を作製した(図2(a)参照)。

【0031】次に、中間工程の撮像素子のアンダーコート層61上にフェノール系の感光性樹脂溶液(商品名「380H」:JSR社製)をスピンナーで塗布、乾燥して、1.2μm厚の感光性樹脂層を形成し、感光性樹脂層を所定のパターンを有するフォトマスクを用いて、露光、現像等の一連のパターニング処理を行って、アンダーコート層61上に光電変換素子31の配列に対応した5μmピッチ、0.6μmギャップの樹脂パターン71を形成した(図2(b)参照)。

【0032】次に、樹脂パターン71が形成された中間工程の撮像素子をホットプレートで180℃3分間加熱し、熱フロー処理を行い、アンダーコート層61上に辺方向のギャップが0.4μm、レンズの高さ1.4μmの樹脂レンズ71aを形成した(図2(c)参照)。

【0033】次に、ドライエッチング装置を用いて、O₂ガスを導入し、圧力:20Pa、RFパワー:1kW、基板温度:常温(RT)、処理時間:2.5秒にて、エッチング処理を行い、樹脂レンズ71a間のアンダーコート層61に深さ0.3μmの凹部62を形成した(図2(d)参照)。ここで、上記エッチング条件において、樹脂レンズ71aの形成に使用した感光性フェノール系樹脂のエッチングレートはアンダーコート層61

の形成に使用したエポキシ樹脂のエッチングレートの1/3であった。樹脂レンズの材料である感光性フェノール系樹脂のエッチングレートが小さいため、深さ0.3μmの凹部62が形成された後でも樹脂レンズのレンズ形状が保持され、レンズ曲率の変化を少なくする効果とマイクロレンズ間の対角方向の凹部を深く加工することが可能で、このことにより、樹脂レンズの狭ギャップを実現することができる。

【0034】次に、透明なアクリル樹脂(商品名「TOC」:富士薬品(株)社製)5部に酸系硬化剤(商品名「TOHC-HA」)2部を混合したアクリル樹脂溶液をスピンコートにて塗布し、樹脂レンズ71a及び凹部62を覆うように、膜厚0.2μm弱の透明樹脂層を形成した。結果、マイクロレンズ(樹脂レンズ+透明樹脂層)間のギャップ寸法は、0.1μmと狭ギャップであった。さらに、ドライエッチング装置に酸素を50sccm導入して、圧力:20Pa、RFパワー:1kW、基板温度:常温(RT)、処理時間:20秒にて、透明樹脂層表面をエッチング処理し、ポーラス層81を形成した。ポーラス層81は、およそ0.1μmの柱状樹脂81aが、0.05~0.15μmピッチで配置されていた。以上の工程により、樹脂レンズ71a上にポーラス層81が形成されたマイクロレンズ90を有する撮像素子100を得ることができた(図2(e)参照)。

【0035】本実施例1で得られた撮像素子100の樹脂レンズ71a上にポーラス層81が形成されたマイクロレンズ90の反射率は、ポーラス層81を形成しないものと比較して1/4の低反射率を示した。図5に、実施例1で得られたポーラス層81の表面のテクスチャーを示す電子顕微鏡写真(6万倍)を示す。およそ0.1μmの樹脂柱が形成されていることが確認できた。

【0036】<実施例2>まず、公知の技術、方法にて、光電変換素子21が形成された半導体基板11上に、遮光部31、平坦化膜41、カラーフィルター51及び平坦化膜42を順次形成し、平坦化層42上にエポキシ系の樹脂溶液をスピンコートしてアンダーコート層61を形成し、中間工程の撮像素子を作製した(図3(a)参照)。

【0037】次に、中間工程の撮像素子のアンダーコート層61上にフェノール系の感光性樹脂溶液(商品名「380H」:JSR社製)をスピンナーで塗布、乾燥して、1.2μm厚の感光性樹脂層を形成し、感光性樹脂層を所定のパターンを有するフォトマスクを用いて、露光、現像等の一連のパターニング処理を行って、アンダーコート層61上に光電変換素子31の配列に対応した5μmピッチ、0.6μmギャップの樹脂パターン71を形成した(図3(b)参照)。

【0038】次に、樹脂パターン71が形成された中間工程の撮像素子をホットプレートで180℃3分間加熱し、熱フロー処理を行い、アンダーコート層61上に辺

方向のギャップが $0.4\mu\text{m}$ 、レンズの高さ $1.5\mu\text{m}$ の樹脂レンズ71aを形成した(図3(c)参照)。

【0039】次に、ドライエッチング装置を用いて、 O_2 ガスを導入し、圧力: 20Pa 、RFパワー: 1kw 、基板温度: 常温(RT)、処理時間: 25 秒にて、エッチング処理を行い、樹脂レンズ71a間のアンダーコート層61に深さ $0.4\mu\text{m}$ の凹部62を形成した(図3(d)参照)。

【0040】次に、樹脂レンズ71a及び凹部62を覆うように、熱硬化フェノール樹脂に $0.1\mu\text{m}$ 以下の粒径のカーボンを固形比にて8%含有させた光吸収樹脂溶液をスピナーにて塗布し、このあと、 200°C のホットプレート上で 200°C 迄一気に昇温し、樹脂を硬化させ、光吸収樹脂層を形成し、樹脂レンズ71a上の薄膜光吸収樹脂層をプラズマ処理にて除去し、凹部62に光吸収層63を形成した(図3(e)参照)。光吸収樹脂には熱フロー性を持たせているため、昇温時に樹脂がメルトし、凹部62に流れ込み、約 $0.7\mu\text{m}$ 厚の光吸収層63が形成され、樹脂レンズ71a上にも約 $0.1\mu\text{m}$ の薄膜光吸収樹脂層が残存し、プラズマ処理にて除去した。

【0041】次に、透明なアクリル樹脂(商品名「TOC」: 富士薬品(株)社製)5部に酸系硬化剤(商品名「TOHC-HA」)2部を混合したアクリル樹脂溶液をスピコートにて塗布し、樹脂レンズ71aを覆うように、膜厚 $0.2\mu\text{m}$ 弱の透明樹脂層を形成した。さらに、ドライエッチング装置に酸素を 50sccm 導入して、圧力: 20Pa 、RFパワー: 1kw 、基板温度: 常温(RT)、処理時間: 20 秒にて、透明樹脂層表面をエッチング処理して、ポーラス層81を形成した。ポーラス層81は、およそ $0.1\mu\text{m}$ の柱状樹脂81aが、 $0.05\sim 0.15\mu\text{m}$ ピッチで配置されていた。以上の工程により、樹脂レンズ71a上にポーラス層81が形成されたマイクロレンズ90間に光吸収層63を有する撮像素子200を得ることができた(図3(f)参照)。

【0042】本実施例2で得られた撮像素子200の樹脂レンズ71a上にポーラス層81が形成されたマイクロレンズ90の反射率は、ポーラス層81を形成しないものと比較して $1/4$ の低反射率を示した。図5に、実施例2で得られたポーラス層81の表面のテクスチャーを示す電子顕微鏡写真(6万倍)を示す。およそ $0.1\mu\text{m}$ の樹脂柱が形成されていることが確認できた。

【0043】

【発明の効果】本発明は、樹脂レンズ上にポーラス層が形成されたマイクロレンズを撮像素子エレメント上に設けているため、マイクロレンズ上での光の反射・散乱が

抑制され、実質的な開口率を向上でき、S/N比の大幅な改善を得ることができる撮像素子を低コストで提供できる。さらに、光吸収層をマイクロレンズ間に選択的(セルフアライン)に形成しているため、光吸収層を位置合わせ精度良く形成でき、斜め入射光や散乱光をカットして、撮像素子のS/N比の大幅な改善を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は、本発明の撮像素子の一実施例を示す模式部分平面図である。(b)は、(a)の模式平面図をA-A'線で切断した模式部分構成断面図である。

【図2】(a)～(e)は、本発明の撮像素子の請求項5に係わる撮像素子の製造方法の一実施例を工程順に示す部分模式構成断面図である。

【図3】(a)～(f)は、本発明の撮像素子の請求項6に係わる撮像素子の製造方法の一実施例を工程順に示す部分模式構成断面図である。

【図4】本発明の撮像素子の樹脂レンズ上に形成されたポーラス層を模式的に示す説明図である。

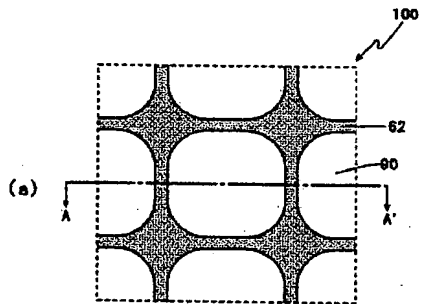
【図5】本発明の撮像素子の樹脂レンズ上に形成されたポーラス層の表面のテクスチャーの電子顕微鏡写真を示す説明図である。

【図6】(a)は、マイクロレンズの模式部分平面図を示す平面図である。(b)は、アンダーコート層上に形成された樹脂レンズの構成を示す説明図である。(c)は、アンダーコート層上に形成されたマイクロレンズの構成を示す説明図である。

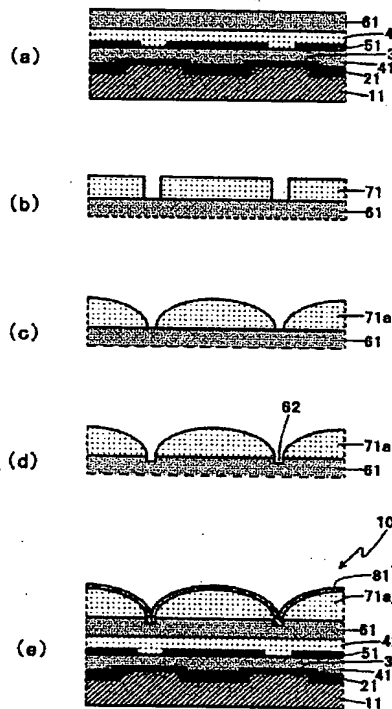
【符号の説明】

- 11……半導体基板
- 21……光電変換素子
- 31……遮光部
- 41、42……平坦化層
- 51……カラーフィルタ
- 61、111……アンダーコート層
- 62……凹部
- 63……光吸収層
- 71……樹脂パターン
- 71a、121……樹脂レンズ
- 81……ポーラス層
- 81a……柱状樹脂
- 81b……光学的なボイド(空隙)
- 90、140……マイクロレンズ
- 100、200……撮像素子
- 131……透明樹脂層
- 141……凹部
- V_p ……ボイド(空隙)のピッチ
- V_t ……ポーラス層の膜厚

【図1】



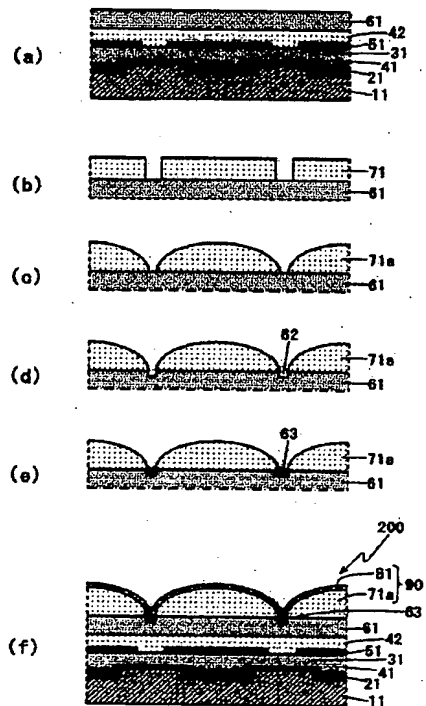
【図2】



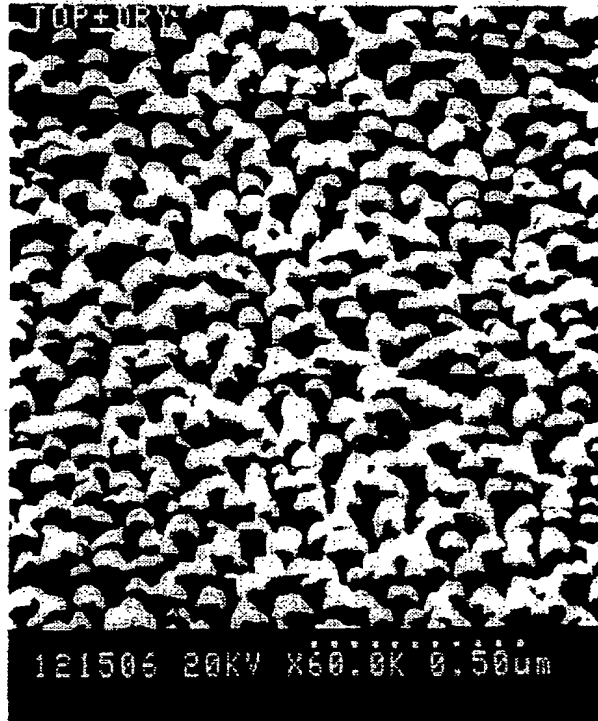
【図4】



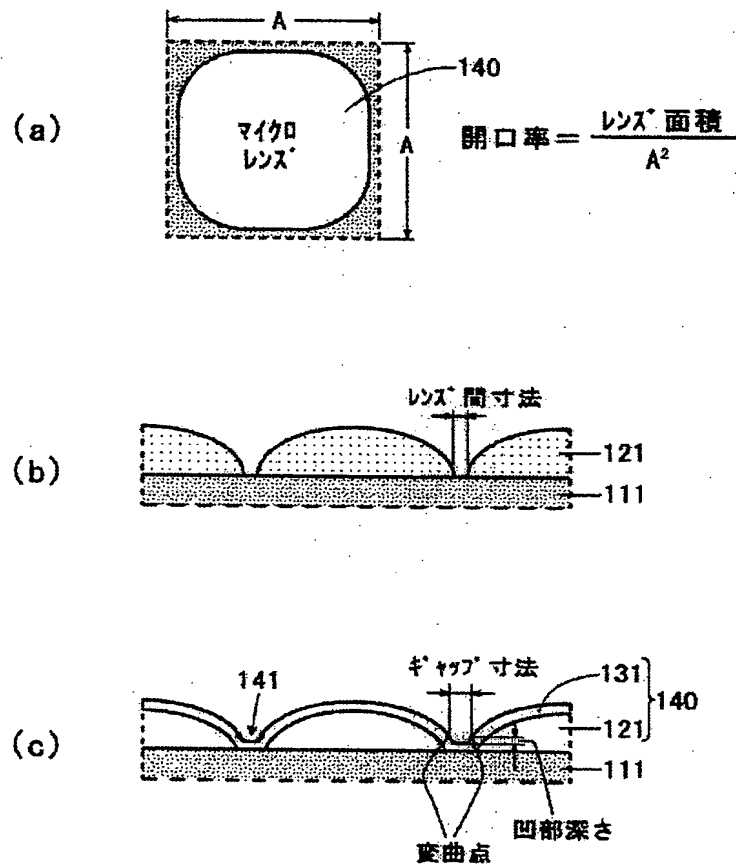
【図3】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

H04N 5/335

識別記号

F I

G02B 1/10

H01L 31/02

テーマワード (参考)

A

B

F ターム (参考) 2H042 AA09 AA15 AA21

2K009 AA04 BB11 CC21 DD02 DD12

4M118 AA01 AA05 AB01 BA10 BA14

CA03 GC07 GD04

5C024 CX03 CX41 EX24 EX43 EX52

GX03 GY01 GY31

5F088 BA01 BB03 EA04 HA05 HA20